



Cartographier des controverses pour apprendre la complexité des technosciences : l'étude des gaz de schiste en lycée agricole

Nicolas Hervé

► To cite this version:

Nicolas Hervé. Cartographier des controverses pour apprendre la complexité des technosciences : l'étude des gaz de schiste en lycée agricole. *Revue francophone du développement durable*, 2014, 4, pp.155-170. hal-01325483

HAL Id: hal-01325483

<https://hal-univ-tlse2.archives-ouvertes.fr/hal-01325483>

Submitted on 2 Jun 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives| 4.0 International License

Cartographier des controverses pour apprendre la complexité des technosciences : l'étude des gaz de schiste en lycée agricole

Nicolas HERVE, UMR EFTS, nicolas.herve@educagri.fr

Résumé

Cet article rend compte de l'adaptation à l'enseignement secondaire agricole de l'exercice universitaire de la cartographie des controverses. Les élèves de deux classes de première ont cartographié par groupe un corpus de documents relatifs à la problématique des gaz de schiste. Cette recherche vise à décrire et comprendre la manière dont les élèves ont représenté la complexité de la question socialement vive investiguée. L'analyse des cartes montre que la production de catégories permettant de structurer les informations sélectionnées est problématisée par les élèves, bien que la dichotomie « pour » / « contre » le gaz de schiste soit majoritairement utilisée par les élèves. L'analyse des cartes montre par contre que les informations sélectionnées sont faiblement problématisées, car elles sont peu mises en réseau et sont parfois contradictoires d'une carte à l'autre. Des perspectives sont ensuite données, tant du point de vue de la poursuite de l'ingénierie pédagogique que des questions de recherche qu'elle soulève.

Mots-clés : cartographie des controverses, questions socialement vives, gaz de schiste.

1. Enseigner la complexité en sciences, une urgence sociale, un défi pour le monde de l'éducation

Les appels à introduire la complexité en tant qu'objet d'enseignement ne manquent pas et proviennent de différents univers, qui pointent tous des changements dans le rapport entre les sciences et techniques, et la société. Deux idées principales se dégagent : le développement des sciences et techniques fait qu'il y a une urgence sociale à prendre en compte leur complexité dans l'enseignement des sciences, et cette intégration constitue un véritable défi pour le monde de l'éducation.

1.1 Une urgence sociale

Les philosophes, historiens et sociologues des sciences s'attachent depuis quelques décennies à analyser la trajectoire historique prise par le développement des sciences et des techniques depuis le milieu du 20^{ème} siècle dans les sociétés occidentales. C'est ainsi que le concept de « technosciences » permet de donner du sens à l'importance qu'a prise l'innovation technique et scientifique dans le pilotage d'une économie mondiale, mais aussi au développement de sociétés de plus en plus dépendantes des productions techniques et scientifiques.

Une des propriétés les plus fondamentales des technosciences est leur capacité à étendre leur domaine d'action sur le monde : « chaque fois qu'un fait est vérifié et qu'une machine tourne,

cela signifie que les conditions du laboratoire ou de l'atelier ont été étendues *d'une façon ou d'une autre* » (Latour, 1989, p. 605). La conséquence immédiate de cette extension est qu'aujourd'hui les technosciences touchent tout le monde (Hottois, 2006, p. 31) et sont un facteur de dislocation et de reconfiguration des liens sociaux, ce que Callon (1999) qualifie de « performance sociale » des technosciences.

Les problèmes engendrés par les technosciences, les spectaculaires accidents nucléaires ou chimiques, les récurrentes marées noires, ont amené l'idée que les technosciences « deviennent en toute légitimité l'affaire de tous les citoyens et de toutes les citoyennes » (Laroche & Désautels, 2006, p. 67), car c'est la communauté qui en partage les conséquences mais non les responsabilités.

Cette « société du risque » a été décrite dans les travaux du sociologue Beck (1986) et sa critique des technosciences passe par une prise en compte institutionnelle de leur nature : « les sciences techniques se trouvent confrontées chaque jour à un dilemme menaçant : elles ont le choix entre continuer à travailler et à penser dans les catégories du 19^{ème} siècle, ce qui équivaut à confondre les problèmes de la société du risque avec ceux de la société industrielle classique, ou opter pour le défi que représente une véritable lutte préventive contre le risque. Dans ce cas, il leur faut reconsidérer et modifier leurs propres représentations de la rationalité, de la connaissance et de la pratique ainsi que les structures institutionnelles dans lesquelles s'incarnent ces représentations » (p. 129).

1.2 Un défi pour le monde de l'éducation

Deux courants éducatifs s'inscrivent ainsi dans la promotion d'un enseignement où l'actualisation des représentations des sciences et des techniques chez les élèves est un élément fondamental pour problématiser des questions ouvertes posées dans le champ social et politique : les « questions socialement vives » (QSV) et les « éducations à ». Les savoirs portés par ces deux courants « se caractérisent par la position centrale accordée à la complexité, l'incertitude et le risque, la controverse, les valeurs portées par les différents acteurs » (Hervé, 2014). Ils ont également en commun « [leur] double appartenance aux champs des sciences expérimentales et humaines » (Lange & Victor, 2006, p. 90).

Le défi éducatif consiste ainsi en la problématisation de questions tenues jusque là écartées du monde scolaire, mais aussi en la conception de nouvelles formes scolaires pour l'enseignement : jeux de rôle (Albe & Simonneaux, 2003), débats (Albe, 2005 ; Simonneaux, 2001), utilisation de TIC¹ (serious games, wiki par exemple : Morin & Simonneaux, 2011), etc.

Nous nous intéressons dans la suite de cet article à l'exploration d'une forme scolaire qui se développe dans l'enseignement supérieur, la cartographie des controverses, et en proposons une adaptation pour l'enseignement secondaire.

2. La cartographie des controverses

La cartographie des controverses est un module d'enseignement créé par Bruno Latour à l'Ecole des Mines de Paris. Ce module est maintenant proposé et développé dans de nombreuses universités européennes (par exemple : IEP² Paris, Technical University of Denmark, University of Manchester) et américaines (par exemple : MIT³).

Selon Venturini (2012, p. 796), « the cartography of controversies is a set of techniques to investigate public disputes especially, but not exclusively, around technoscientific issues ».

¹ Technologies de l'Information et de la Communication

² Institut d'Etudes Politiques

³ Massachusetts Institute of Technology

L'objectif pour les groupes d'étudiants est ainsi de s'emparer d'une controverse et d'en représenter la complexité en ordonnant les jeux des acteurs sociaux qui y participent⁴.

Deux hypothèses principales fondent cet exercice : la conception d'une carte permet de rendre visible le réseau d'acteurs impliqués dans une controverse ; le développement des outils numériques permet de cartographier l'activité et l'influence des acteurs sur le web.

2.1 La carte : un outil pour ordonner la complexité

La carte de la controverse étudiée occupe une place centrale dans l'exercice pédagogique, puisqu'elle est une production attendue des étudiants.

Dans l'exercice de la cartographie des controverses, la représentation graphique en général (et la carte en particulier) est un outil d'organisation et de réduction de la complexité. On retrouve ici une perspective classique de l'approche systémique : « l'image permet de communiquer plus rapidement une grande quantité d'informations (...) La représentation d'un système sous forme d'un réseau graphique constitue un outil essentiel de l'approche systémique » (Durand, 2013, p. 57-58). En effet, « la complexité est un tissu (complexus : ce qui est tissé ensemble) de constituants hétérogènes inséparablement associés » (Morin, 1990, p. 21) et la carte permet de spatialiser les liens tout en respectant l'hétérogénéité des éléments. Elle est ainsi le support d'une pensée *multidimensionnelle*⁵, elle est l'inscription de configurations *redondantes*⁶, elle est un *outil de stratégie* « pour affronter l'incertain » (Morin, 1988, p. 16).

De ce point de vue, la carte est conçue comme un outil de médiation *technique*, car c'est un artefact qui est « la matérialisation d'un schéma qui naît dans l'esprit » (Jacob, 1992, p. 48), *intellectuelle*, car « la carte donne à voir en même temps qu'à penser un schéma qui vient suppléer l'impossible vision sensorielle » (Jacob, 1992, p. 50), et aussi *sociale*, puisque c'est un objet « qui sert de support aux négociations, aux échanges, à la mémoire collective » (Jacob, 1992, p. 51).

De plus, la carte est « un moyen de concevoir, d'articuler et de structurer le monde humain, en fonction d'un ensemble de relations sociales, qui la promeut et qu'elle influence » (Jacob, 1992, p. 45) et, à ce titre, l'arrière-plan théorique qui justifie la cartographie des controverses est la théorie de l'acteur-réseau développée par Callon et Latour (Venturini, 2010, p. 258).

Ainsi, ce qui est cartographié est le réseau des jeux d'acteurs (humains ou non - objets, techniques, discours, etc.) autour duquel se déploie ou se cristallise la controverse.

2.2 La place croissante du numérique dans la cartographie des controverses

Les nouvelles technologies jouent également un rôle central dans l'exercice universitaire pour représenter la controverse : « d'après le projet de la cartographie de controverses, une partie importante de [d]es ressources est à rechercher dans l'utilisation créative des nouvelles technologies numériques » (Venturini, 2008, p. 2). Ces nouvelles technologies prenaient initialement la forme d'un site internet produit par les étudiants qui permettait une navigation interactive dans la controverse. Ce site constituait la production finale des étudiants dans ce module (Venturini, 2010). Le développement de nouveaux outils de représentation, en lien avec le projet européen MACOSPOL⁷, tend à donner un autre usage aux nouvelles technologies, celui de donner les moyens informatiques de suivre une controverse dans son développement sur internet : « thanks to digital mediation, observing controversies from all

⁴ Pour une description détaillée des modalités pédagogiques : voir Venturini, 2008.

⁵ Pour une définition, voir Morin (1988, p. 13).

⁶ Au sens d'Atlan, 1979.

⁷ Mapping Controversies on Science for Politics

the concerned viewpoints' becomes more than a wishful slogan: it becomes actually possible. With a reasonable commitment and some computer skills, the students in our cartography course can follow controversies through media coverage, scientific literatures, legal indices, economical data and the blogosphere » (Venturini, 2012, p. 805).

Ainsi, le projet cartographique de représentation de la complexité de la controverse s'articule ici avec l'émergence d'un nouveau champ de recherche, la cartographie des connaissances, « appliquées aux particularités des systèmes hypertextes, les cartes sont devenues des instruments d'investigation scientifique et constituent la pierre angulaire de ce que l'on appelle désormais la « cybergéographie » » (Ghitalla, 2002, p. 66). L'expansion continue des réseaux documentaires, due à la fois au développement du web et des capacités de stockage des machines informatiques, pose en effet la question de la représentation de leur organisation : « ce qui dérouté l'utilisateur, plus que l'étendue et la complexité de ces nouveaux territoires, c'est d'abord l'impossibilité d'en apercevoir l'étendue et les frontières » (Ghitalla, 2002, p. 69).

La cartographie est donc devenue à la fois un objet de recherche (comment représenter un système d'informations, par exemple le web ?) et un outil de représentation : « l'intérêt des cartes des univers numériques réside dans le fait qu'elles restituent à l'utilisateur une part de ce territoire si nécessaire à l'orientation dans la construction des espaces documentaires qui sont, in fine, des espaces de compréhension (...) Il s'agit là d'un type de technologie intellectuelle appelé à jouer un rôle important en matière d'exploration des réseaux et surtout d'indexation documentaire » (Ghitalla, 2002, p. 71).

L'intérêt de la cartographie provient alors de la spatialisation de l'information qu'elle permet et l'étude des controverses socioscientifiques est un domaine privilégié pour développer des outils informatiques permettant leur appréhension, et ceux-ci donnent à voir le développement des controverses sur le web. C'est cette visée qui est maintenant l'objet principal de l'exercice universitaire de la cartographie des controverses (Venturini, 2012).

Cette conjonction entre un exercice pédagogique et la recherche en cartographie des systèmes d'informations s'inscrit de plus dans une visée politique partagée : « en rendant « visibles » et donc exploitables certaines propriétés de corpus (web ou issus de bases de données scientifiques), les cartographies peuvent être mobilisées comme outils d'aide à la décision et à l'évaluation » (Ghitalla, 2009, p. 20).

3. Un exercice pour l'enseignement secondaire : cartographier une question socialement vive

Nous proposons ici une adaptation de l'exercice universitaire de la cartographie des controverses à l'enseignement secondaire, avec l'idée que « [le langage graphique] mériterait un véritable enseignement, ou mieux un apprentissage ; ceux qui en bénéficieraient y gagneraient une meilleure capacité de compréhension des systèmes complexes parmi lesquels nous vivons » (Durand, p. 59).

Nous décrivons par la suite les principes que nous avons suivis pour effectuer cette adaptation.

3.1 Une ingénierie collaborative pour adapter l'exercice universitaire à l'enseignement secondaire

Nous travaillons depuis septembre 2013 avec deux enseignants de Physique-Chimie de lycée agricole afin de concevoir des séances d'enseignement mettant en jeu une cartographie des controverses. Les enseignants mettent en œuvre les séances construites et, en tant que chercheur, nous en étudions la réalisation. Ce dispositif est donc une ingénierie collaborative, au sens qu'en donnent Sensevy & Mercier (2007, p. 209) : « la production d'ingénierie

didactique d'un nouveau genre se [fait] sous la responsabilité conjointe des professeurs et des chercheurs, construisant ensemble des fins communes à un processus pensé comme collectif ». Il y a par conséquent un croisement entre deux types d'expertise dans ce dispositif : expertise du praticien, dont la visée est celle de sa pratique de classe, et expertise du chercheur qui vise à décrire et comprendre cette pratique.

Le cahier des charges pour ces enseignants est de participer à 3 rencontres par an, afin de concevoir des situations d'enseignement/apprentissage testables en classe ou d'analyser les séances déjà testées, de mettre en œuvre les situations conçues avec une ou plusieurs classes et les enregistrer à des fins d'analyse par le chercheur, de concevoir et mettre en œuvre des formations pour les collègues enseignants de l'Enseignement Agricole.

L'ingénierie se construit par itération (« design experiments », Cobb, 2003), tout d'abord a priori en travaillant une transposition externe (définir les savoirs à enseigner dans les programmes, en lien avec des savoirs académiques ou des pratiques sociales de référence), puis une transposition interne ascendante (à partir des savoirs effectivement enseignés, reconstruire le scénario didactique et interroger à nouveau les savoirs à enseigner et les savoirs ou pratiques de référence).

3.2 Les choix faits par le collectif

Ce travail d'ingénierie nous a conduits à reproduire des éléments de l'exercice universitaire et à en éliminer certaines particularités, de façon à construire un exercice réalisable dans l'enseignement secondaire agricole, en restant le plus proche possible des conditions ordinaires d'enseignement.

3.2.1 Choix des objectifs pédagogiques

Trois objectifs pédagogiques ont été définis, qui correspondent à ceux de l'exercice universitaire.

Tout d'abord, il s'agit pour les élèves d'étudier une controverse socioscientifique à partir d'un corpus documentaire, aussi varié que possible dans les acteurs et arguments ou faits mobilisés. Il s'agit donc pour le collectif de construire une situation d'enseignement / apprentissage où les élèves sont en capacité de trier et d'exploiter des informations à partir d'un corpus complexe et hétérogène, déjà constitué ou à constituer.

Ensuite, il s'agit pour les élèves de rendre compte de la complexité de la controverse à travers la construction d'une carte : les élèves doivent donc être capables d'organiser dans un langage graphique les informations extraites des documents.

L'exercice s'inscrit de plus dans l'éducation à la citoyenneté : la visée est de promouvoir une vision sociale et politique des sciences et techniques sur des questions qui engagent le citoyen. Les savoirs sont institutionnalisés à partir de la confrontation des différentes cartes construites par les élèves : reconnaissance d'une dynamique des jeux d'acteurs, qui renvoie à la pluralité des expertises et à la construction de ce que Latour appelle une « objectivité de second degré » ; vision complexe de la nature sociale des sciences et techniques ; discussion par l'enseignant des principes sous jacents les cartographies réalisées.

3.2.2 Choix de la forme scolaire

Un des principes qui fonde le travail d'ingénierie est d'adapter l'exercice universitaire à l'enseignement secondaire, de façon à ce qu'il puisse être intégré à des pratiques d'enseignement « ordinaires ». Plusieurs contraintes ont ainsi été définies.

L'adaptation construite ne prend pas en compte des dimensions fondamentales de la cartographie des controverses mise en œuvre dans l'enseignement supérieur : la pédagogie par projet, le rôle différencié qu'a chaque étudiant dans un groupe et la place centrale accordée aux TIC.

Le collectif a estimé qu'il serait intéressant de construire une progressivité dans l'acculturation des élèves à l'exercice de cartographie d'une controverse. Un scénario en deux phases sur l'année a ainsi été conçu, avec une complexification croissante des productions demandées aux élèves. La première phase est centrée sur la construction d'une carte à partir d'un corpus de documents déjà constitué et la seconde intègre la recherche documentaire à la cartographie.

Par contrainte de temps, les enseignants ne pouvaient accorder qu'environ 10h sur l'année à ces deux séquences. Ce format horaire, ainsi que ce découpage en deux temps, ne favorise pas la pédagogie par projet. De même, il leur a semblé plus judicieux que chaque élève ait le même rôle dans le groupe, ou du moins que les élèves s'auto-organisent, sans référence à des rôles particuliers, pour optimiser les tâches qu'ils ont à faire. En outre, la maîtrise informatique des apprenants est estimée insuffisante par les enseignants pour donner une place centrale aux TIC. Ainsi, il ne s'agit pas ici de cartographie des espaces numériques sur le web, mais plutôt d'une cartographie heuristique (comme le sont par exemple les cartes ou trames conceptuelles, les cartes mentales) faite à partir d'un corpus documentaire qui ne se restreint pas au web. La production demandée aux élèves n'est alors pas un site web mais une carte, faite sur papier ou avec un logiciel de bureautique, synthétisant une controverse.

A l'heure où nous écrivons ces lignes, seule la première phase a été conçue et expérimentée.

3.2.3 Choix d'une controverse socioscientifique : les gaz de schiste

Le choix du groupe s'est porté sur les problématiques des gaz de schiste.

En effet, la controverse sur les gaz de schiste possède toutes les caractéristiques d'une question socialement vive selon Legardez et Simonneaux (2006). Il n'est pas question ici de décrire avec précision la controverse, toutefois nous nous permettons d'en énoncer superficiellement quelques traits.

Le sujet des gaz de schiste est tout d'abord vif dans *des savoirs de référence* : d'un point de vue technique, les effets de la fracturation hydraulique sont controversés, des techniques alternatives sont encore à l'état de projet sans que leur faisabilité ou leurs impacts soient connus ; d'un point de vue scientifique, la géologie des roches contenant les gaz est mal connue, ce qui fait que les volumes des gaz de schiste sont mal évalués, de même que le lien entre leur qualité et la nature des sols ; d'un point de vue économique, une controverse existe sur leur rentabilité, oscillant entre « miracle » et « mirage » économique ; d'un point de vue juridique, les législations territoriales sont différentes suivant les pays, des actions juridiques ont été lancés en France⁸, le code minier français datant de 1810 est en cours de réforme pour le lier au code de l'environnement, etc.

Elle est également vive *dans la société* : la question est controversée jusque dans le gouvernement français, puisque plusieurs sensibilités opposées se sont exprimées⁹ ; des campagnes médiatiques se font écho de la controverse depuis janvier 2011 en France¹⁰ ; des

⁸ Par exemple, la société américaine Schuepbach Energy a contesté la loi du 13 Juillet 2011 dont l'article 1 porte sur l'interdiction d'exploiter des mines de gaz de schiste par fracturation hydraulique ; le groupe américain Hess Oil s'est vu interdire par décision judiciaire la réalisation d'un forage d'exploration le 12 Mars 2014.

⁹ Opposition sur ce sujet par média interposés en janvier 2014 entre A. Montebourg et C. Duflot, alors respectivement ministres du redressement productif, et du logement.

¹⁰ Voir *L'affaire des gaz de schiste. Anatomie d'une mobilisation fulgurante*, post du 19 décembre 2011 de F. Chateauraynaud et J. Debaz sur <http://socioargu.hypotheses.org/3262>

films ou documentaires s'emparent de la question (par exemple succès du documentaire *Gasland* en 2010, film *a Promised Land* en 2013, documentaire *No Gazaran* en 2014), des associations de citoyens et d'élus se mettent en place, etc.

Elle est enfin vive *dans les savoirs scolaires* : les référentiels de physique-chimie ou bien d'histoire-géographie abordent les questions d'énergie, et si l'étude des énergies renouvelables est inscrite dans les prescriptions, les énergies fossiles font bien évidemment partie de la problématique énergétique.

L'actuelle vivacité de la question et la possibilité de la traiter dans les programmes ont favorisé son choix pour la mise en place de cette ingénierie.

4. Questions de recherche

Les questions posées par l'adaptation de l'exercice universitaire de la cartographie des controverses sont nombreuses, tant du point de vue du processus d'ingénierie pédagogique que de l'étude des séances testées en elles-mêmes.

Nous restreignons donc dans cet article l'étendue des questions possibles aux productions faites par les élèves, c'est-à-dire aux cartes qu'ils ont construites : que disent les cartes de l'appropriation par les élèves de la complexité de la controverse ? Autrement dit, comment les élèves représentent-ils la complexité de la problématique des gaz de schiste ?

5. Méthodologie

Nous détaillons dans cette partie le scénario pédagogique conçu, les données que nous avons recueillies, puis précisons la manière dont nous les avons traitées.

5.1 Description du scénario pédagogique expérimenté

5.1.1 Le scénario mis en œuvre

Le scénario construit a été mis en œuvre sur 3 séances par les deux enseignants du groupe. 30 minutes de la séance 1 ont été consacrées à présenter la démarche de la cartographie des controverses aux élèves. Un powerpoint a ainsi été projeté aux élèves et trois points ont été abordés sous la forme d'un cours dialogué : la définition d'une controverse, la référence à l'exercice universitaire, et des exemples variés de cartes produites par les étudiants ont été donnés (la disparition des abeilles, les biocarburants, l'homoparentalité, les OGM, les pesticides). Le thème d'étude (les gaz de schiste) a ensuite été donné, ainsi que les consignes générales pour la séance suivante.

La séance 2 est une séance en $\frac{1}{2}$ groupe d'1h30. 10 minutes permettent de rappeler les consignes, de constituer des groupes de 3 ou 4 élèves, et de distribuer le corpus de documents. Les élèves ont alors 1h20 pour le lire, l'analyser, et construire leur carte.

Enfin, la séance 3 est une séance en $\frac{1}{2}$ groupe d'1h30 dans laquelle chaque groupe d'élèves présente sa carte et justifie la manière dont il l'a construite. L'enseignant institutionnalise en fin de séance les savoirs : les différentes cartes traduisent un traitement différent de l'information à partir d'un corpus identique, ce qui pose à la fois la question de la possibilité d'une expertise unique pour s'approprier une controverse et le processus de traitement de l'information (où l'histoire de chacun, ses valeurs, le contexte participent aux choix de documents effectués) ; les liens sciences – société – citoyenneté sont abordés à travers une discussion sur la complexité des jeux d'acteurs qui participent aux controverses.

5.1.2 Description du corpus documentaire donné aux élèves

Le corpus documentaire donné aux élèves a été conçu en respectant le cahier des charges suivant :

- Les textes doivent être compréhensibles par des élèves de première : ils ne sont donc pas issus d'une littérature spécialisée, mais plutôt grand public ;
- Le corpus doit comprendre des documents de supports variés : texte écrit, schéma ou dessin, audiovisuel ;
- Le corpus doit être constitué de sources variées, qui renvoient à des projets éditoriaux différents ;
- Le corpus doit rendre compte d'une pluralité de dimensions et d'acteurs de la controverse.

Le collectif a ainsi constitué un corpus de 11 documents, classés par ordre chronologique de publication :

- Document 1 (02/2011) : capture d'écran d'un blog créé par un collectif d'associations « gaz de schiste Provence » (1 page)
- Document 2 (20/12/2011) : dossier « les gaz de schiste une ressource très controversée » (<http://www.science.gouv.fr/>) (2 pages)
- Document 3 (06/02/2012) : article « les gaz de schiste, un gisement d'emplois » (journal *Les échos*) (1 page)
- Document 4 (07/02/2012) : vidéographie AFP « le gaz de schiste un carburant controversé » (1'46)
- Document 5 (10/09/2012) : film d'animation « C/Data : les gaz de schiste », produit par Owni, diffusé dans l'émission *C/Politique* (France 5) (1'38)
- Document 6 (12/2012) : schémas (réserves mondiales, principe de la fracturation hydraulique) et éditorial de la revue *Le courrier international* (2 pages)
- Document 7 (26/04/2013) : article « enfin propre le gaz de schiste boostera notre économie en 2020 » de la revue *Capital* (1 page)
- Document 8 (09/2013) : extraits d'un article-bande dessinée « énergies extrêmes », *La Revue dessinée* (3 pages)
- Document 9 (11/10/2013) : article « la fracturation hydraulique reste interdite pour le gaz de schiste » de la revue *Sciences & Avenir* (2 pages)
- Document 10 (14/10/2013) : article « gaz de schiste : retour sur la décision des sages » de la revue *Sciences & Avenir* (2 pages)
- Document 11 (25/10/2013) : extrait d'une page web « gaz de schiste en débat » (<http://www.cite-sciences.fr>) (2 pages).

5.2 Recueil des données

Le scénario a été mis en œuvre dans deux classes de première dans les lycées agricoles des deux enseignants participant au groupe : une classe de 1^{ère} Scientifique – S (27 élèves) et une classe de 1^{ère} Sciences et Techniques de l'Agroalimentaire et du Vivant – STAV (25 élèves).

Les séances 1 et 3 ont été filmées avec une caméra en fond de classe.

Lors de la séance 2, la moitié des groupes a été filmée et l'autre moitié enregistrée par dictaphone.

L'ensemble des brouillons et cartes a été ramassé puis scanné en fin de séance 2, avant un rendu aux élèves. 8 cartes ont été produites par les élèves de 1^{ère} S (appelées S1 à S8) et 7 cartes par ceux de 1^{ère} STAV (appelées V1 à V7).

Nous ne nous intéressons dans la suite de l'article qu'aux cartes produites par les élèves.

5.3 Principes d'analyse des cartes produites par les élèves

Nous avons écrit précédemment que les cartes produites par les élèves ont plus à voir avec des cartes heuristiques qu'avec des cartes interactives telles qu'elles sont conçues dans l'exercice universitaire. D'importants travaux ont été faits sur l'analyse et l'évaluation des cartes heuristiques et la méthode communément employée est statistique, par croisement dynamique des termes et liens faits à l'intérieur d'une carte (Kinchin et al., 2000). Nous n'avons pas utilisé cette méthode, parce qu'il nous a semblé qu'une analyse statistique pouvait lisser à la fois la logique interne de chaque carte et la variété des manières d'exprimer une même idée ou de reformuler une même information par les élèves. Aussi avons-nous préféré une méthode d'analyse qui privilégie les spécificités de chaque carte produite.

Nous nous sommes donc attachés à deux niveaux de traitement des cartes : leur organisation et leur contenu en informations.

Tout d'abord, nous avons listé pour chaque carte les manières dont les élèves ont catégorisé les informations : il s'agit donc dans ce cas d'identifier l'organisation spatiale de la carte et les regroupements d'informations qu'ont faits les élèves. La comparaison des catégories créées par les élèves pour structurer leur carte a permis l'identification de différents types de configurations.

Dans un deuxième temps, nous nous sommes intéressés aux informations que les élèves ont jugées pertinentes de faire figurer sur la carte. Nous avons alors établi un tableau reprenant l'ensemble des informations sélectionnées par les élèves, en respectant les mots utilisés par les élèves et leur catégorie d'appartenance, que nous avons croisé avec l'ensemble des cartes. Nous avons alors là aussi pu comparer les cartes, de façon à identifier des configurations significatives.

Nous avons alors finalement repris chaque carte et l'avons interprétée en fonction des configurations identifiées. Cette analyse de second niveau nous a permis de mieux comprendre les configurations qui provenaient de notre codage.

6. Résultats

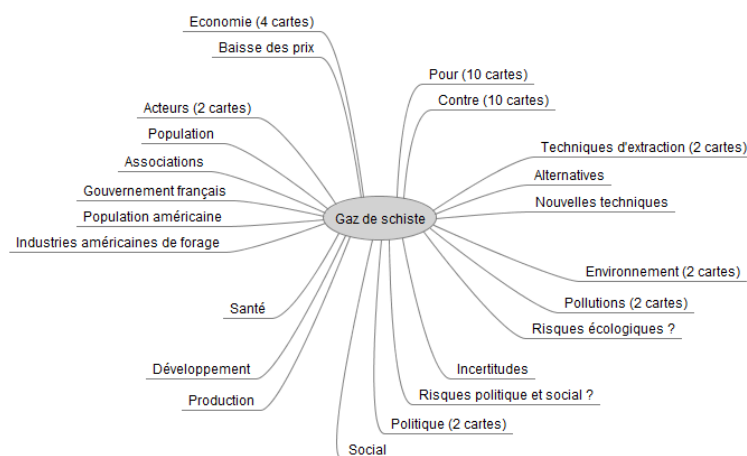
Conformément à notre méthode d'analyse, nous distinguons deux parties dans l'expression de nos résultats : la manière dont les élèves ont organisé leur carte, et les informations qu'ils ont mobilisées.

6.1 La réduction de la complexité de la controverse : la création de catégories de premier niveau

La majorité des 15 cartes produites par les élèves est organisée en étoile (avec le terme « gaz de schiste » écrit au centre de la feuille – par exemple S8 : voir figure 7), ou bien en arbre hiérarchique (avec le terme « gaz de schiste » écrit en haut de la feuille – par exemple S5 : voir figure 5).

Les mots qui sont liés par des lignes ou des flèches au terme « gaz de schiste » sont appelés catégorie de premier niveau. Ce sont en effet des catégories car ils permettent de classer les éléments ou informations qui ont été extraits des documents, et ils constituent le premier niveau d'organisation de la carte.

L'analyse des 15 cartes produites montrent une grande diversité de catégories de premier niveau, puisque 23 termes différents sont utilisés par les élèves. La moyenne de catégories de premier niveau est d'environ 3 par cartes, certaines n'en ayant que 2 et une autre 7 différentes.



Nous avons organisé et regroupé ces catégories dans la figure 1 :

Figure 1 : Carte en étoile des 23 catégories de premier niveau et leur fréquence dans les cartes

Nous remarquons sur la figure 1 que la majorité des catégories est le plus souvent associée à une carte unique, ce qui indique que chaque carte propose une organisation spécifique.

Toutefois, nous observons également qu'une catégorisation se détache nettement en fréquence, puisque les deux catégories « pour » et « contre » se retrouvent dans l'organisation de premier niveau de 10 cartes.

Cette analyse montre donc qu'une approche de type binaire est massivement utilisée par les élèves pour ordonner et structurer leur carte.

Nous décrivons maintenant comment cette dichotomie « pour » / « contre » prend différentes modalités suivant les cartes.

6.2 La dichotomie « pour » / « contre » comme principe structurant la majorité des cartes

6.2.1 Une dichotomie « pour » / « contre » de premier niveau

4 cartes (S3, S4, V4, V7) utilisent la seule dichotomie « pour » / « contre » comme principe organisateur de premier niveau des informations collectées.

La forme de la carte V4 est très simple et du type :

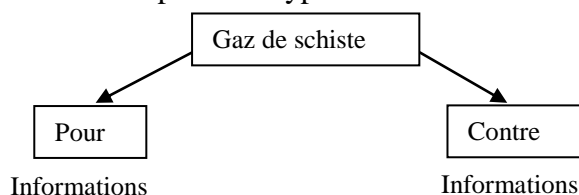


Figure 2 : La dichotomie est la seule structuration de la carte

Dans le cas des cartes S3, S4 et V7, la dichotomie n'est qu'un premier principe structurant, conduisant à un deuxième niveau d'organisation. Les catégories de deuxième niveau mettent en jeu pour ces 3 cartes les piliers du développement durable (économie, social, environnement).

La forme des cartes est alors :

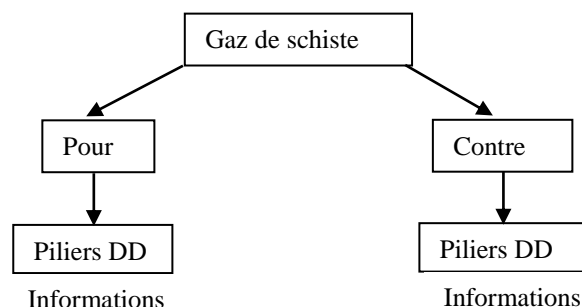


Figure 3 : Les piliers du développement durable comme catégorisation de niveau 2

Il y a toutefois quelques différences. La carte V7 structure par exemple la catégorie « contre » avec la seule catégorie « environnement » et, symétriquement, les deux autres catégories « économie » et « social » sont les deux catégories structurant la catégorie de premier niveau « pour ».

Les cartes S3 et S4 proposent une visualisation plus complexe puisque les 3 catégories du développement durable structurent symétriquement les deux catégories principales « pour » et « contre » (au détail près que le groupe S3 appelle « population » le volet social).

Nous observons donc que si la dichotomie permet une réduction de la complexité de la question, une catégorisation de deuxième niveau est un moyen supplémentaire d'ordonner la complexité, et il est intéressant de noter que dans ce cadre les piliers du développement durable peuvent servir de référence aux élèves.

6.2.2 Une dichotomie « pour » / « contre » de premier niveau qui ne suffit pas à rendre compte de la complexité

6 cartes (S2, S5, S7, V2, V5 et V6) utilisent la dichotomie « pour » / « contre » comme structuration de premier niveau, mais en ajoutant des catégories ou informations supplémentaires, étoffant à la fois la richesse des informations de la carte et aussi augmentant la représentation de la complexité de la question investiguée.

Le vocabulaire utilisé pour rendre compte de la dichotomie évolue : la distinction n'est plus seulement entre des informations qui relèverait du « pour » ou « contre » le gaz de schiste, elle est formulée en « atouts » / « contraintes » (V6), « avantages » / « inconvénients » (V2, S5) ou bien n'est pas explicitée (S2, S7). Seule la carte V5 (figure 4) reprend les termes « pour » / « contre », mais en tempérant la distinction par l'ajout de deux interrogations mises face à face : « risques écologiques ? » et « enjeux politique et social ? », comme si la dichotomie effectuée appauvrissait la controverse et qu'il y avait un besoin d'ajouter des éléments problématisants :

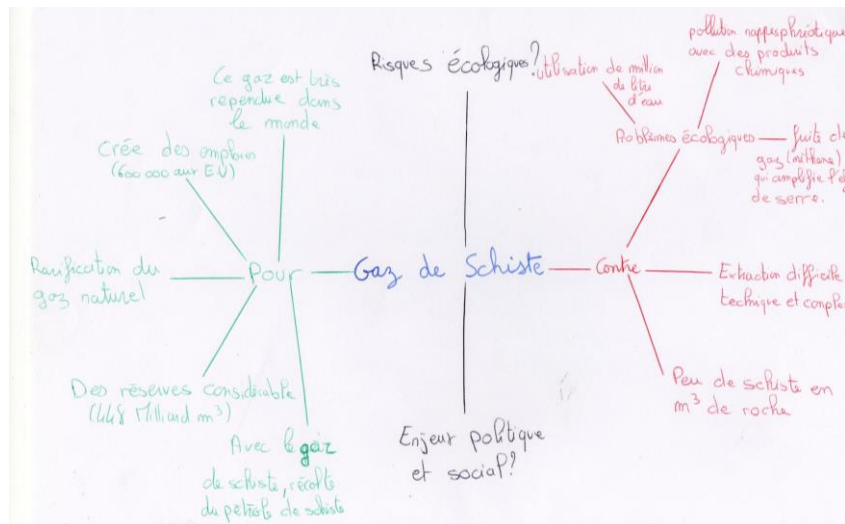


Figure 4 : Carte V5

Pour les autres cartes, c'est une catégorie à part entière qui est introduite, qui est différente selon les cartes, mais qui toutes la situent spatialement *entre* les deux pôles de la dichotomie.

Les cartes S2 et V2 (figure 6) introduisent une catégorie « acteurs », qui comprend 3 éléments exprimés différemment mais qui sont en fait les mêmes : des états (S2) ou des politiques (V2), des compagnies pétrolières (S2) ou des industriels (V2), des particuliers (S2) ou la population (V2). L'ajout de cette catégorie est intéressant car elle fait apparaître les intérêts divergents du jeu social. L'ajout de cette catégorie à la dichotomie ne la remet pas vraiment en cause mais elle lui permet d'être incarnée dans des acteurs sociaux : la question des gaz de schiste n'est pas qu'une affaire d'arguments (pour et contre), mais aussi une affaire de personnes.

Les cartes S7 et V6 ajoutent une catégorie intermédiaire relative aux techniques d'avenir d'extraction du gaz de schiste, autrement dit relative à des techniques substitutives de la fracturation hydraulique (non citée dans les cartes). Pour S7, ce sont des « nouvelles techniques », permettant moins de « gaspillage d'eau » ou de « pollutions ». Pour V6, ce sont des techniques « alternatives » : « utilisation d'arcs électriques », « recherche de nouveaux moyens d'extraction », mais aussi des techniques qui sortent du cadre des gaz de schiste comme « le développement des énergies renouvelables ». Dans ces deux cartes, c'est surtout un point de vue technique qui est mis en jeu et qui est conçu comme permettant de dépasser l'aporie des deux perspectives antagonistes.

Enfin, la carte S5 (figure 5) propose une catégorie « incertitudes », qui rassemble la « recherche de nouvelles techniques », mais aussi la « non connaissance des risques », « à long terme » et « sur la santé » :

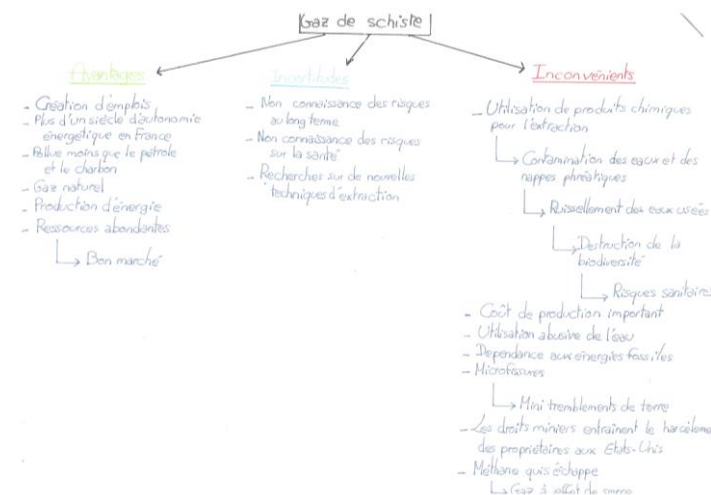


Figure 5 : Carte S5

Ainsi, c'est un déficit en connaissances qui empêche cette fois la résolution de l'aporie. On observe donc que dans les cartes S2, V2, S7 et V6, l'ajout d'une catégorie intermédiaire rend compte de la difficulté de raisonner la controverse en termes simples binaires.

6.2.3 Une dichotomie « pour » / « contre » représentée en parallèle d'une catégorisation

3 cartes (V2, S1 et S8) font apparaître la dichotomie « pour » / « contre », sans que celle-ci apparaisse comme une catégorisation de niveau 1.

Ainsi, la carte V2 (figure 6), précédemment décrite (6.2.2) comme réduisant la complexité de la question à 3 catégories principales (avantages, inconvénients, acteurs), introduit une dichotomie « pour » / « contre » au niveau des acteurs :

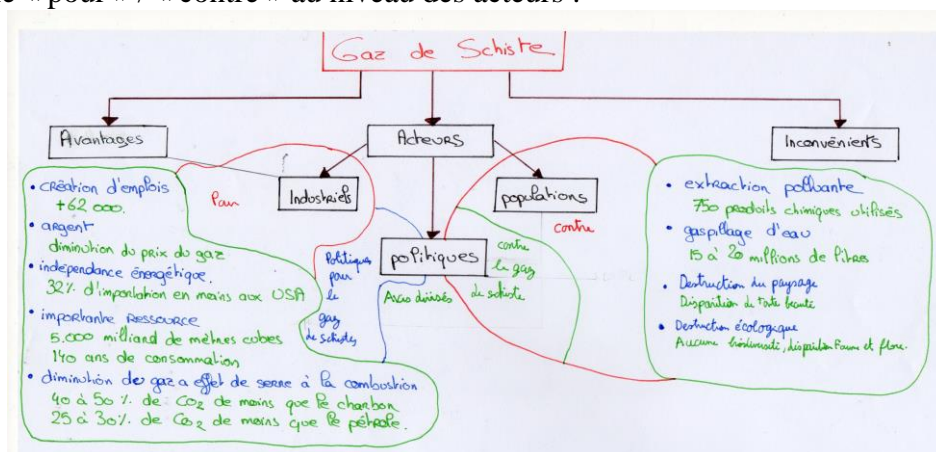


Figure 6 : Carte V2

Dans cette carte, de façon binaire, la catégorie « industriels » se retrouve disposée à côté de la catégorie « avantages » et affiliée à la position « pour » le gaz de schiste. Symétriquement, la catégorie « les populations » est située à côté de la catégorie « inconvénients » et associée à une position « contre » les gaz de schiste. Tout le poids de la controverse est alors porté par la catégorie des acteurs « politiques », qui apparaît divisée, selon qu'ils soutiennent les populations ou les industriels.

Dans les cartes S1 et S8, c'est un code couleur qui est mis en place pour attribuer une valence « pour » ou « contre » à la position des acteurs ou bien associée à l'information écrite.

La carte S1 structure le niveau 1 en fonction des 3 piliers du développement durable et chaque information est reliée à une catégorie avec une couleur verte ou rouge selon qu'elle est un argument « pour » ou « contre ». Ainsi dans la catégorie « environnement », les risques sismiques et la contamination des nappes phréatiques sont identifiés « contre », et le plus faible impact des gaz de schiste sur l'effet de serre (comparativement au charbon) est représenté comme un élément « pour ».

La carte S8 (figure 7) possède 7 catégories de niveau 1, dont 5 acteurs différents : population, population américaine, industries de forage des USA, associations pour le respect de l'environnement, gouvernement français. Le même code couleur que la carte S1 est appliqué et on retrouve également la possibilité d'une dichotomie à l'intérieur d'une catégorie : ainsi, au sein de la catégorie « population », il y a une différence de valence entre la création d'emplois qui peut bénéficier aux populations et les manifestations qui révèlent leur opposition.

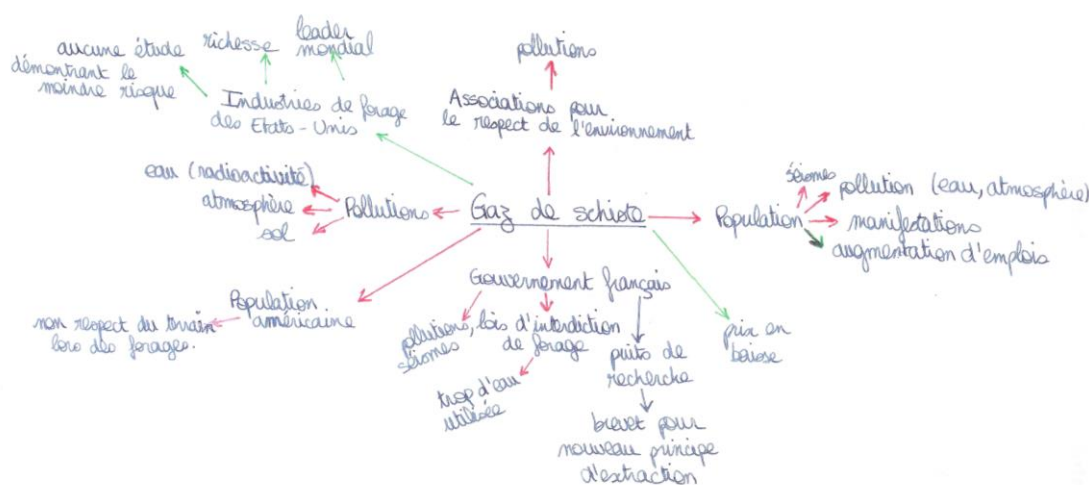


Figure 7 : Carte S8

On observe de plus sur cette carte la difficulté qu'ont les élèves à attribuer une valence à certains éléments : la politique appliquée par le gouvernement français sur les puits de recherche, promouvant des brevets de techniques alternatives à la fracturation hydraulique, n'est pas colorée, ce qui indique l'embarras des élèves à la situer « pour » ou « contre ».

On a donc dans les cartes S1 et S8 l'utilisation de la binarité, non comme principe structurant mais plutôt comme une aide à la lecture critique de la carte, d'une aide au positionnement argumentatif dans la prise de décision.

6.2.4 Pas de dichotomie

3 cartes (S6, V1 et V3) ne font pas intervenir la dichotomie « pour » / « contre » dans leur carte. Des catégories générales sont proposées et permettent de découper la complexité de la controverse. Par exemple, la carte V1 est structurée en étoile avec 4 catégories rassemblant les différentes informations : la politique, la santé, l'économie et l'environnement. Un code couleur et des flèches identifient l'appartenance de chaque information à un thème unique.

6.3 L'étendue de la complexité : les informations mobilisées

6.3.1 Des cartes qui mobilisent une grande diversité d'informations

Une grande diversité d'informations est présente dans les cartes, puisque nous avons répertorié 82 informations différentes sur les 15 cartes.

Certains éléments sont toutefois plus fréquents que d'autres (figure 8) :

Informations	Fréquence (sur 15 cartes)
L'exploitation des gaz de schiste crée des emplois	100% (15)
La contamination des eaux lors de l'exploitation des gaz de schiste	93% (14)
Le volume important de l'eau consommée lors de l'extraction	80% (12)
Les réserves en gaz de schiste sont importantes	80% (12)
Utilisation de produits toxiques lors de l'extraction	80% (12)
Recherche de nouvelles techniques d'extraction	67% (10)

Figure 8 : Tableau des informations les plus fréquemment cartographiées

Ces informations fréquentes sont cohérentes avec la vision dichotomique majoritaire que l'on retrouve dans la catégorisation : il y a bien mise en tension entre les bénéfices attendus de l'exploitation en termes d'emploi ou d'accès à la ressource (réserves abondantes) et les conséquences environnementales.

Certains aspects de la controverse sont toutefois peu présents. Par exemple, les aspects juridiques n'apparaissent pas (seul S5 mentionne le rôle du code minier aux USA), ainsi que la dimension géopolitique. De même, la technique controversée de la fracturation hydraulique n'apparaît pas comme un élément explicitement central dans les cartes des élèves.

6.3.2 Une catégorisation différente d'informations identiques

Certains éléments sont catégorisés différemment suivant les cartes ou à l'intérieur d'une même carte. C'est par exemple le cas de l'élément « création d'emplois » qui appartient à la catégorie « économie » dans les cartes V1 et V3, et « social » dans les cartes S1 et V7, et qui est présent dans les 2 catégories de la carte S4. De même, « la contamination des eaux » est classée dans la catégorie « environnement » dans les cartes S1 et S4 et dans la catégorie « population » dans la carte S8, et dans deux catégories des cartes S3 et V1 (« environnement » et respectivement « population » et « santé »). La recherche de nouvelles techniques d'extraction est catégorisée également en tant qu'elle appartient à la catégorie « social » (S1, V7), « environnement » (S3, S4), « incertitudes » (S5), « techniques d'extraction » (S7, V3) ou « alternatives » (V6) à la fracturation hydraulique.

La circulation d'une même information dans les différentes catégories créées par les élèves indique ainsi à chaque fois l'éclairage particulier que prend cette information suivant la catégorie dans laquelle elle se trouve. La redondance de certaines informations à l'intérieur d'une même carte montre également la difficulté qu'ont les élèves à établir des liens formels entre les catégories qu'ils créent.

6.3.3 Des idées identiques mais exprimées différemment suivant les cartes

Certaines idées se retrouvent majoritairement dans les cartes, mais les informations mobilisées sont différentes ou exprimées avec plus ou moins de précision.

C'est par exemple le cas de l'effet de l'extraction des gaz de schiste sur l'atmosphère, dont l'idée générale est présente dans la quasi-totalité des cartes (14/15). Toutefois, cet effet ou conséquence s'exprime de façon différente suivant les cartes : certaines mentionnent uniquement l'item « pollution atmosphérique », alors que d'autres y ajoutent « fuites de gaz » dans l'atmosphère, ce qui donne une logique causale aux événements. Certaines cartes vont même plus loin en identifiant le gaz rejeté, le méthane (S2, S5), ou bien indiquent que l'exploitation des gaz de schiste contribue au changement climatique puisque le méthane est un gaz à effet de serre (S5, V4, V5). Ainsi, ces expressions différentes révèlent la profondeur de la compréhension des élèves des informations qu'ils extraient des documents.

De même, l'effet de l'extraction sur les sols est exprimé en tant que « destruction des paysages » (V2, V4), « inquiétudes des personnes pour leur terre » (S3), « expropriation » (V6), « harcèlements dus au droit minier américain » (S5). On conçoit donc que la manière de formuler les informations renvoie à des perceptions différentes suivant les groupes d'élèves.

6.3.3 Des informations contradictoires entre les cartes

Des informations relevant de la même idée sont également contradictoires suivant les cartes. C'est par exemple le cas de l'estimation chiffrée des réserves en gaz de schiste, qui accompagne l'idée générale de réserves mondiales abondantes. Les cartes se réfèrent alors chacune à un document en particulier, qui n'est pas le même pour tous les groupes :

Document	Information	Cartes
3	Réserves françaises de 5000 milliards de m ³	V2
4	Réserves mondiales de 448000 milliards de m ³	V5
	140 ans de consommation	V2, V4, V7
5	Réserves mondiales de 185000 milliards de m ³	V4
11	Réserves mondiales de 920000 milliards de m ³	S1, S2, S3, S4, S5, S7

Figure 9 : Tableau présentant différentes estimations des ressources en gaz de schiste, le document qui fait référence pour chaque information et les cartes qui la mobilisent

On observe sur la figure 9 que les chiffres écrits sur les cartes sont de nature diverse (le fait que l'estimation vaut pour les ressources françaises ou mondiales n'est pas toujours explicité dans les cartes) et sont différents, bien qu'unique sur chaque carte.

Cette contradiction dans les chiffres montre ainsi que les élèves ne recoupent pas les informations extraites. Il y a donc ici à la fois un manque d'esprit critique sur les informations disponibles sur les documents et une absence de recherche de la redondance des informations dans un corpus donné.

6.3.4 Les dimensions temporelles et spatiales de la controverse sont peu explicitées

Les références au temps sont peu nombreuses, ce qui fait que le développement temporel de la controverse est peu représenté. Une carte (S1) situe la loi d'interdiction de l'exploitation des gaz de schiste par fracturation hydraulique en France (Loi Jacob - 2011), et une autre donne une dimension temporelle à cette technique (développement à partir de 1980 pour l'extraction du gaz de schiste). Les cartes apparaissent ainsi majoritairement intemporelles, comme si les lignes de force de la controverse ne s'inscrivaient pas dans une durée. On trouve par contre plus fréquemment une projection dans l'avenir : ainsi l'indépendance pour 140 ans d'une consommation énergétique en France est souvent reprise, de même que la date de 2020 qui augure la mise en place de techniques alternatives à la fracturation hydraulique.

La dimension spatiale est plus présente : le contexte de la France est souvent cité, ainsi que celui des USA. Cependant, ce sont les mêmes idées qui circulent : des créations d'emplois, une autonomie énergétique accrue, etc. Seuls deux éléments échappent à la symétrie des informations : les spécificités du droit minier aux USA (S5) et la juridiction en place en France (S1).

6.3.5 Des liens entre les informations de différentes natures dans la carte

Les informations sont reliées entre elles de différentes façons.

Tout d'abord, elles sont classées par catégories et l'architecture en étoile prise souvent par les cartes ne laisse pas apparaître les liens entre catégories. Ainsi, les informations sont juxtaposées les unes aux autres et elles ne s'unissent qu'à travers leur appartenance à une

même catégorie. Ainsi, dans la carte V5, les items « fuite de gaz (méthane) qui amplifie l'effet de serre », « pollution des nappes phréatiques », « utilisation de millions de litres d'eau » ne sont liés les uns aux autres qu'à travers leur appartenance à la même catégorie : « problèmes écologiques ». Les catégories elles-mêmes sont également liées, non pas explicitement entre elles par des liens, mais implicitement par leur attachement à un même nœud central.

Certaines informations sont de plus liées entre elles par des flèches, ce qui traduit un enchaînement logique. Il s'agit alors de liens causaux et la représentation adoptée permet de restituer le raisonnement : par exemple dans la carte S5, l'« utilisation de produits chimiques pour l'extraction » *cause* une « contamination des eaux et des nappes phréatiques », qui *cause* du « ruissellement des eaux usées » *conduit* à une « destruction de la biodiversité » et *donc* à des « risques sanitaires ».

Ces liens causaux peuvent être en chaîne (comme dans l'exemple précédent), mais aussi circulaire comme dans la carte S6 (figure 10) :

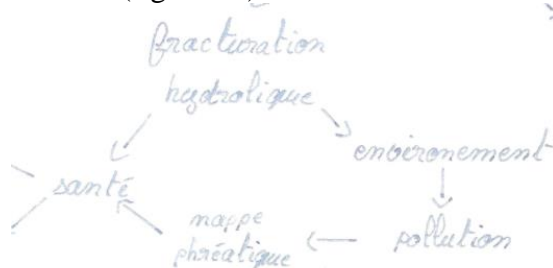


Figure 10 : Extrait de la carte S6

Les liens opérés entre les informations sont très majoritairement implicites à la catégorisation effectués et, de ce fait, la complexité est peu *figurée* dans les cartes.

7. Discussion

Nous reprenons dans cette partie les résultats de la partie précédente et les discutons au regard de notre question de recherche : comment les élèves représentent-ils la complexité de la problématique des gaz de schiste ?

7.1 L'organisation de l'espace de la carte : une réduction de la complexité de la controverse

Tout d'abord, nous avons vu que les cartes sont majoritairement catégorisées selon la dichotomie « pour » / « contre ». Ceci n'est pas étonnant puisque c'est justement dans la nature d'une controverse d'induire des positions extrêmes et binaires, qui renvoient à des rapports de force entre acteurs pour une prise de décision. Cette « binarisation » dans la manière de réduire la complexité pour l'appréhender renvoie également à une tendance naturelle de l'esprit, puisque la dichotomie est l'action de disjonction la plus élémentaire qui soit. On est donc a priori loin ici d'une pensée dialogique, définie par Morin (1980, p. 99) comme l'association de « deux termes à la fois complémentaires et antagonistes ». Toutefois, nous avons également vu que cette « binarisation » apparaissait appauvrissante aux élèves, puisque des catégories intermédiaires ont été proposées (sur les incertitudes, sur les acteurs impliqués, des catégories de deuxième niveau). De même, la catégorisation binaire pouvait s'ajouter dans certaines cartes superposées à une catégorisation plurielle. Nous pouvons donc y voir un signe que la complexité a été cernée et que sa réduction est *problématisée* par les élèves, dans la mesure où ils ont échaufaudé des réponses différentes de catégorisation.

Le deuxième résultat qui nous semble intéressant est la mobilisation des 3 piliers du développement durable comme catégories possibles pour ordonner la complexité de la

controverse (en tant que premier niveau ou second niveau de catégorie). Cette représentation dans 4 cartes sur 15 montre donc que c'est une grille d'interprétation mobilisable par les élèves dans un autre cadre que celui qu'ils ont pu voir par ailleurs. Il s'agit donc d'un concept *opérateur* du point de vue des élèves pour appréhender la complexité de la problématique des gaz de schiste.

7.2 Les informations mobilisées dans l'espace de la carte : le territoire de la complexité de la controverse

Si le rôle des catégories est de structurer un espace d'informations, ce sont ces dernières qui sont les éléments du territoire à cartographier.

Nous rappelons ici aussi les principaux résultats.

Tout d'abord, le territoire cartographié apparaît intemporel et les dynamiques spatiales ne sont mobilisées qu'en tant qu'elles représentent une idée générale (c'est ainsi que ce qui se passe aux USA est rendue symétrique à la façon dont la question est posée dans le contexte français). Les cartes ne rendent pas vraiment compte du fait que la controverse est un territoire, dont différents acteurs sociaux cherchent à prendre le contrôle, et que cet enjeu se déploie dans des espaces et des temps qui lui sont spécifiques.

Nous avons également vu que les informations étaient peu connectées entre elles ou du moins elles n'étaient implicitement connectées qu'à travers leur appartenance à des catégories. Le territoire cartographié est ainsi faiblement connecté, puisque la complexité des liens n'est pas représentée dans la carte et que les informations qui fondent les rapports de force sont spatialement isolées.

Le territoire cartographié est bien évidemment issu du tri d'informations par les élèves et nous avons vu que certaines cartes prennent des informations controversées pour des faits avérés. De même, certaines idées sont formulées différemment et avec peu de précision.

De ce point de vue, le territoire est peu problématisé, puisque les informations sont cartographiées avec un manque évident de recul. Nous pouvons sans doute attribuer cette absence de problématisation des informations mobilisées par le format de l'exercice (un exercice nouveau, un temps court, un corpus est déjà constitué).

Conclusion et perspectives

L'adaptation de l'exercice universitaire de la cartographie des controverses que nous avons construite dans le cas particulier de la problématique des gaz de schiste a l'intérêt selon nous de proposer une nouvelle forme scolaire à l'investigation de questions socialement vives dans l'enseignement secondaire. En effet, la cartographie permet une spatialisation et une catégorisation explicite des informations, en ce sens elle est un travail de représentation de la complexité, davantage qu'un travail sur l'argumentation ou la prise de décision des élèves.

Les résultats que nous avons décrits montrent que la représentation de la complexité de la controverse à travers la construction de catégories est problématisée par les élèves. Par contre, la sélection des informations, la précision des formulations ou des liens logiques, leur validité n'est pas problématisée. Ceci milite donc pour l'intégration à l'exercice d'une recherche documentaire autonome des élèves.

Les enseignants ont de plus trouvé intéressant d'intégrer les analyses des cartes à l'institutionnalisation qu'ils ont fait de l'exercice auprès des élèves pour problématiser davantage le statut des informations et la manière de catégoriser. Ce compte-rendu constitue ainsi les fondements de la poursuite de l'exercice : les cartes créées par les élèves vont leur servir d'outil de navigation dans l'exploration documentaire (phase 2 du scénario), afin d'enrichir leur carte, dans l'organisation et l'extension des informations mobilisées.

Nous ne nous sommes intéressés ici qu'aux cartes produites par les élèves, mais nous avons comme perspective de mieux comprendre le processus de création de la carte et de revenir aux discussions, débats, choix opérés par les élèves, à la fois dans la dynamique du groupe et dans le contenu des échanges. De plus, il semble intéressant de décrire et de comprendre d'autres possibilités d'intégration de cet exercice dans des pratiques existantes : la construction d'une carte peut-elle améliorer l'argumentation ou la prise de décision des élèves lors d'un débat ? Peut-elle être un support de problématisation pour une approche disciplinaire (qui pourrait déboucher sur la construction de concepts spécialisés) ?

La cartographie des controverses peut sans doute être adaptée de multiples manières en lycée et la question du rôle que peut avoir cet exercice dans la construction des connaissances des élèves s'annonce très ouverte.

Bibliographie

- Albe, V. (2005). Un jeu de rôle sur une controverse socio-scientifique actuelle. Une stratégie pour favoriser la problématisation ? *Aster*, 40, 67-94.
- Albe, V. & Simonneaux, L. (2003). Procès sur les téléphones mobiles : impact sur la réflexion épistémologique d'enseignants. In V. Albe, C. Orange et L. Simonneaux, (Eds). *Recherches en didactique des sciences et des techniques : questions en débat*. Toulouse : ARDIST & ENFA (pp. 253-260).
- Atlan, H. (1979). *Entre le cristal et la fumée*. Paris : Seuil.
- Beck, U. (1986). *La société du risque*. Paris : Flammarion.
- Callon, M. (1999). Ni intellectuel engagé, ni intellectuel dégagé. La double stratégie de l'attachement et du détachement. *Sociologie du travail*, 41, 65-78.
- Cobb, P., Confrey, J., DiSessa, A., Lehrer, R., Schauble, L. (2003). Design Experiments in Educational Research. *Educational Researcher*, Vol. 32, No. 1, 9-13.
- Durand, D. (2013). *La systémique*. Paris : PUF.
- Ghitalla, F. (2002). L'âge des cartes électroniques : outils graphiques de navigation sur le web. *Communication et langages*. 131, 66-80.
- Ghitalla, F. (2009). *Réseaux, Traces et Controverses*. Projet de recherche : analyse des données et cartographie. INIST.
- Hervé, N. (2014). Les savoirs scolaires en mutation : apprendre *pour* changer et apprendre *à* changer. In J.-F. Marcel (Ed.) *Lycées agricoles en changements*. Dijon : Educagri Editions (collection Agora recherche) (accepté, à paraître).
- Hotois, G. (2006). La technoscience : de l'origine du mot à son usage actuel. In J.-Y. Goffi (Ed.), *Regards sur les technosciences* (pp. 21-38). Paris : Vrin.
- Jacob, C. (1992). *L'empire des cartes*. Paris : Albin Michel.
- Lange, J.-M. & Victor, P. (2006). Didactique curriculaire et « éducation à la santé, l'environnement et au développement durable » : quelles questions, quels repères ? *Didaskalia*, 28, 85-100.
- Kinchin, I.M., Hay, D.B., Adams, A. (2000). How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development. *Educational Research*, 42, 1, 43-57.
- Larochelle, M. & Désautels, J. (2006). L'éducation aux sciences et le croisement des expertises. In A. Legardez & L. Simonneaux (Eds.), *L'école à l'épreuve de l'actualité : Enseigner les questions vives* (pp. 61-77). Paris : ESF.
- Latour, B. (1989). *La science en action*. Paris : La Découverte.
- Morin, E. (1988). *Le défi de la complexité*. Chimères, 5/6.
- Morin, E. (1990). *Introduction à la pensée complexe*. Paris : ESF.

- Morin, O. & Simonneaux, L. (2011) Aborder des questions environnementales socialement vives pour une éducation au développement durable : la grille PREVIS pour suivre les acquisitions. In Legardez & Simonneaux (Eds), *Développement durable et autres questions d'actualité, Questions socialement vives dans l'enseignement et la formation*, Dijon : Educagri Editions.
- Sensevy, G., & Mercier, A. (2007). Agir ensemble : l'action didactique conjointe. In G. Sensevy & A. Mercier (Eds.), *Agir ensemble : l'action didactique conjointe du professeur et des élèves*, p. 187-211, Rennes : Presses Universitaires de Rennes.
- Simonneaux, L. (2001). Des situations-débats pour développer l'argumentation des élèves sur les biotechnologies : compte-rendu d'innovation. *Didaskalia*, 19, 127-158.
- Venturini, T. (2008). *La cartographie des controverses*. Communication au Colloque CARTO 2.0, Paris, le 3 avril.
- Venturini, T. (2010). Diving in Magma. *Public Understanding of Science*, 19, 258-273.
- Venturini, T. (2012). Building on faults : how to represent controversies with digital methods. *Public Understanding of Science*. 21, 7, 796-812.